

Analysis of the effect of smaw welding current variation on the quality of AISI 1041 steel material joints

Muhammad Arga Syahandra, Saifuddin*, Azwinur
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Kota Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia
*Corresponding author: saifuddin@pnl.ac.id

Article Processing Dates:
Received 2025-03-15
Accepted 2025-03-26
Available online 2025-03-31

Keywords:
SMAW process
AISI 1041
E7018
Bending test
Welding current

Abstract

This study analyzes the effect of E7018 electrode current variation on SMAW welding process on AISI 1041 steel material, using penetrant test and bending test as evaluation methods. AISI 1041 steel is often used in construction industry because of its good mechanical properties and its ability to be welded with various techniques. Testing was conducted with welding current variation of 100 A, 110 A, and 120 A. The test results showed that welding current significantly affected the strength and resistance of the material to deformation. At 110 A current, the material showed an optimal combination of strength and flexibility. Higher current (120 A) tended to increase the maximum stress in Root Pass test, but decreased the strength in Capping. This finding emphasizes the importance of selecting the right welding current in determining the strength of the welded joint, in addition to considering heat distribution and changes in material microstructure.

Analisis pengaruh variasi arus pengelasan smaw terhadap kualitas sambungan material baja AISI 1041

Abstrak Penelitian ini menganalisis pengaruh variasi arus elektroda E7018 pada proses pengelasan SMAW terhadap material baja AISI 1041, dengan menggunakan uji penetrant dan uji bending sebagai metode evaluasi. Baja AISI 1041 sering digunakan dalam industri konstruksi karena sifat mekaniknya yang baik serta kemampuannya untuk dilas dengan berbagai teknik. Pengujian dilakukan dengan variasi arus pengelasan sebesar 100 A, 110 A, dan 120 A. Hasil uji menunjukkan bahwa arus pengelasan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan dan ketahanan material terhadap deformasi. Pada arus 110 A, material menunjukkan kombinasi optimal antara kekuatan dan kelenturan. Arus yang lebih tinggi (120 A) cenderung meningkatkan tegangan maksimum pada uji Root Pass, tetapi menurunkan kekuatan pada Capping. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan arus pengelasan yang tepat dalam menentukan kekuatan sambungan las, selain mempertimbangkan distribusi panas dan perubahan mikrostruktur material.

Kata kunci: Pengelasan SMAW, Baja AISI 1041, E7018, Uji *bending*, Arus pengelasan.

1. Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, khususnya dalam sektor konstruksi dan manufaktur, pengelasan telah menjadi salah satu elemen krusial dalam rekayasa dan perbaikan material logam. Teknik pengelasan digunakan secara luas di berbagai industri, termasuk industri perkapalan, konstruksi jembatan, infrastruktur baja, serta sistem transportasi, yang menunjukkan betapa pentingnya proses ini dalam mendukung pembangunan dan keberlanjutan industri modern [1][2]. Keandalan struktur yang dihasilkan melalui proses pengelasan sangat bergantung pada metode dan parameter pengelasan yang digunakan, termasuk pemilihan elektroda, arus pengelasan, dan teknik operasional yang diterapkan [3], [4], [5][6].

Dari berbagai metode pengelasan yang tersedia, Shielded Metal Arc Welding (SMAW) merupakan salah satu teknik yang paling banyak digunakan karena kemudahannya dalam aplikasi, biaya yang relatif rendah, serta fleksibilitas

dalam berbagai kondisi lingkungan kerja [4]. SMAW memiliki kemampuan untuk menghasilkan sambungan las yang kuat dan tahan terhadap berbagai kondisi mekanis, sehingga banyak diterapkan dalam industri berat, seperti manufaktur komponen otomotif, peralatan pertanian, hingga struktur sipil [6].

Dalam proses pengelasan SMAW, pemilihan elektroda dan pengaturan arus merupakan faktor utama yang menentukan kualitas lasan. Salah satu elektroda yang umum digunakan adalah elektroda E7018, yang memiliki tegangan tarik minimum sebesar 70.000 psi (492 MPa) dan dapat diaplikasikan di semua posisi pengelasan. Elektroda ini dirancang untuk menghasilkan lasan dengan sifat mekanik yang baik serta ketahanan terhadap retak dan deformasi [7]. Namun, parameter arus yang digunakan selama proses pengelasan sangat mempengaruhi mikrostruktur dan sifat mekanik sambungan las. Arus yang terlalu tinggi dapat

menyebabkan penetrasi yang berlebihan serta pertumbuhan butir yang besar di zona terdampak panas (Heat Affected Zone/HAZ), yang berpotensi menurunkan kekuatan mekanik sambungan [8], [9], [10].

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon AISI 1041, yang memiliki keseimbangan antara kekuatan, kelenturan, dan kemampuan pengerjaan. Baja ini banyak diaplikasikan dalam pembuatan komponen otomotif, peralatan pertanian, serta berbagai elemen struktur yang membutuhkan ketahanan aus dan keandalan tinggi. Sifat mekanik material ini dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses pengelasan, terutama suhu yang dihasilkan akibat variasi arus. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi pengaruh parameter pengelasan terhadap karakteristik material yang telah mengalami proses fusi dan pemanasan akibat pengelasan [2], [11][12][13].

Salah satu metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji bending, yang bertujuan untuk menilai ketahanan material terhadap gaya lentur. Pengujian ini merupakan salah satu metode utama dalam menilai fleksibilitas serta ketahanan mekanik sambungan las terhadap deformasi plastis. Hasil pengujian bending dapat memberikan informasi mengenai seberapa baik sambungan las mampu menahan tekanan sebelum mengalami retak atau kegagalan struktural, yang sangat penting dalam memastikan keandalan komponen dalam aplikasi industri.

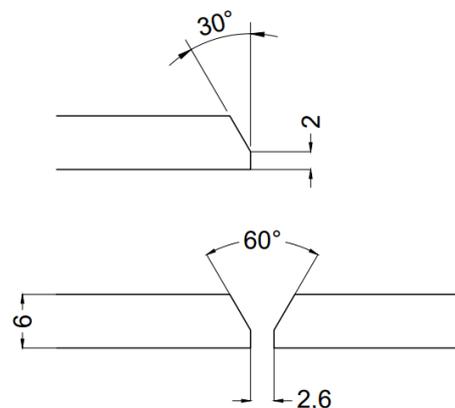
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kualitas hasil las pada material baja AISI 1041 dengan menggunakan elektroda E7018 dalam proses pengelasan SMAW. Dalam penelitian ini, pengujian penetrant (PT) digunakan untuk mengevaluasi keberadaan cacat permukaan seperti retak, porositas, atau diskontinuitas lainnya yang mungkin timbul akibat perbedaan arus pengelasan, sementara pengujian bending dilakukan untuk menilai ketahanan mekanik sambungan las terhadap deformasi plastis. Dengan memahami bagaimana variasi arus memengaruhi hasil las, penelitian ini diharapkan dapat menentukan parameter arus yang optimal guna memperoleh kualitas sambungan las yang lebih baik, baik dari segi minimisasi cacat maupun ketahanan mekanik, sehingga dapat dijadikan referensi dalam industri pengelasan baja karbon AISI 1041.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini dimulai dengan pemilihan material yang digunakan, yaitu baja karbon AISI 1041. Material ini dipilih karena memiliki sifat mekanik yang baik, termasuk kekuatan, kelenturan, serta ketahanan terhadap keausan, yang membuatnya cocok untuk berbagai aplikasi industri. Sebelum dilakukan proses pengelasan, spesimen baja dipotong sesuai dimensi standar pengujian dan dibersihkan dari kontaminan seperti minyak, karat, dan debu agar tidak mempengaruhi kualitas sambungan las.

Selanjutnya pembuatan kampuh dengan desain seperti Gambar 1. Proses pengelasan dilakukan menggunakan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan elektroda E7018, yang dikenal mampu menghasilkan sambungan las berkualitas tinggi. Dalam penelitian ini, variasi arus yang digunakan adalah 100 A, 110 A, dan 120 A. Pengelasan dilakukan pada posisi 1G (datar) sesuai standar American Welding Society (AWS). Selama proses pengelasan, beberapa parameter diperhatikan, seperti

polaritas arus, kecepatan pengelasan, dan jarak elektroda, untuk memastikan hasil yang optimal. Setelah pengelasan selesai, spesimen dibiarkan mendingin pada suhu ruang sebelum dilakukan pengujian untuk menghindari perubahan struktur akibat pendinginan yang tidak terkendali.



Gambar 1. Kampuh spesimen

Untuk mengevaluasi pengaruh variasi arus terhadap kualitas hasil las, dilakukan pengujian penetrant dan uji bending. Pengujian penetrant bertujuan untuk mendeteksi adanya cacat permukaan seperti retak dan porositas yang mungkin muncul akibat perbedaan arus pengelasan. Pengujian ini dilakukan dengan metode dye penetrant testing, yang melibatkan tahapan aplikasi zat penetrant, pembersihan, dan aplikasi developer guna mengidentifikasi cacat yang ada seperti pada Gambar 2. Selain itu, uji bending dilakukan untuk menilai ketahanan mekanik sambungan las terhadap deformasi plastis. Pengujian ini bertujuan untuk mengamati kemungkinan terjadinya retak atau diskontinuitas pada daerah las dan Heat Affected Zone (HAZ), dengan metode pengujian yang mengacu pada standar AWS D1.1.



Gambar 2. Penetrant test

Hasil uji penetrant menunjukkan bahwa pada arus 100 A terdapat cacat berupa porositas dan undercut, sedangkan pada arus 110 A masih ditemukan porositas serta indikasi overlap di tepi sambungan las, sementara pada arus 120 A hanya ditemukan porositas tanpa adanya undercut atau overlap; tren cacat yang muncul menunjukkan bahwa peningkatan arus cenderung mengurangi undercut tetapi meningkatkan risiko porositas akibat gas yang terjebak dalam logam cair

Hasil pengujian dianalisis untuk menentukan hubungan antara variasi arus pengelasan dengan kualitas sambungan las. Data dari uji penetrant dikategorikan berdasarkan jumlah dan jenis cacat yang muncul pada setiap spesimen, sementara hasil uji bending dievaluasi berdasarkan deformasi serta kemungkinan kegagalan pada sambungan las. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk grafik atau tabel agar dapat dianalisis lebih lanjut guna menentukan parameter pengelasan yang optimal. Dengan pendekatan penelitian yang sistematis ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman lebih dalam mengenai pengaruh variasi arus pengelasan terhadap karakteristik sambungan las serta memberikan rekomendasi dalam praktik industri.

3. Hasil Dan Pembahasan

Pengelasan dengan arus 100 ampere pada proses Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada root pass dan capping menghasilkan sambungan yang kuat dan konsisten. Pada tahap root pass, arus ini memberikan keseimbangan yang baik antara penetrasi dan kontrol kolom las, sehingga menghasilkan akar las yang rapat serta memastikan penetrasi yang cukup ke dalam logam dasar AISI 1041. Teknik ini menghasilkan sambungan yang baik serta mengurangi risiko cacat.

Pada arus 110 dan 120 ampere, hasil pengelasan menunjukkan peningkatan penetrasi dan kekuatan sambungan. Arus 110 ampere memberikan penetrasi lebih dalam, memastikan akar las menembus dengan baik dan membentuk sambungan yang lebih kuat. Pada arus 120 ampere, dengan energi panas yang lebih tinggi, penetrasi menjadi lebih signifikan, menghasilkan akar las yang kokoh dengan kekuatan yang lebih baik. Kedua arus ini secara efektif mengurangi risiko cacat seperti incomplete fusion atau slag inclusion.

Selanjutnya proses las capping dilakukan setelah root pass untuk menutupi sambungan las serta memberikan lapisan pelindung akhir. Pada arus 100 ampere, capping menghasilkan bead yang halus dan rata dengan profil las yang memadai serta bebas dari porositas.

Lapisan ini berfungsi memperkuat sambungan secara keseluruhan serta mengurangi risiko kegagalan akibat beban eksternal atau kondisi lingkungan. Pada arus 110 ampere, capping menghasilkan lapisan penutup yang lebih tebal dan rata, sehingga memberikan perlindungan tambahan serta meningkatkan ketahanan sambungan terhadap beban dan tegangan mekanik. Sementara itu, pada arus 120 ampere, capping menghasilkan bead yang lebih lebar dan tebal dibandingkan dengan arus yang lebih rendah, menciptakan lapisan pelindung optimal terhadap sambungan las serta memperkuat struktur secara keseluruhan. Namun, peningkatan arus ini memerlukan kontrol lebih ketat untuk

mencegah munculnya cacat seperti undercut, porositas, atau overheating yang dapat melemahkan sambungan las.

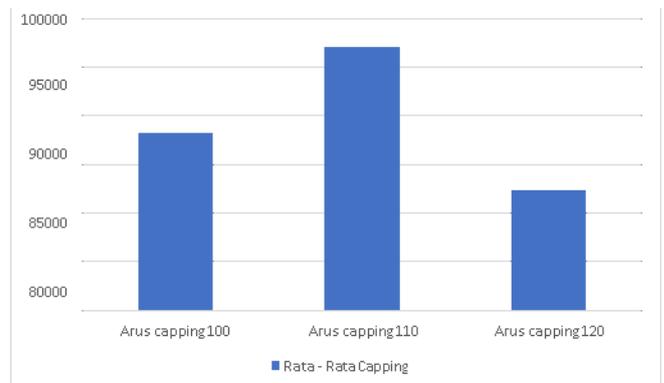
Setelah pengelasan dilakukan Non-Destructive Testing (NDT) yaitu metode yang digunakan untuk memastikan keamanan dan keandalan suatu produk atau struktur. Dengan mendeteksi cacat sejak dini, NDT membantu mencegah kegagalan yang dapat berakibat fatal. Pengujian tanpa merusak ini menawarkan berbagai metode pemeriksaan, masing-masing dengan keunggulan dan keterbatasan yang unik. Pemilihan metode NDT yang tepat bergantung pada jenis material, geometri komponen, dan jenis cacat yang dicari.

Pengujian spesimen dengan arus pengelasan 100 ampere menunjukkan cacat las berupa porositas dan undercut. Porositas terjadi akibat gas yang terjebak dalam logam cair saat proses pengelasan, membentuk rongga kecil saat logam mengeras. Undercut disebabkan oleh kelebihan panas atau kecepatan pengelasan yang terlalu tinggi, sehingga material dasar meleleh dan tidak terisi oleh logam pengisi.

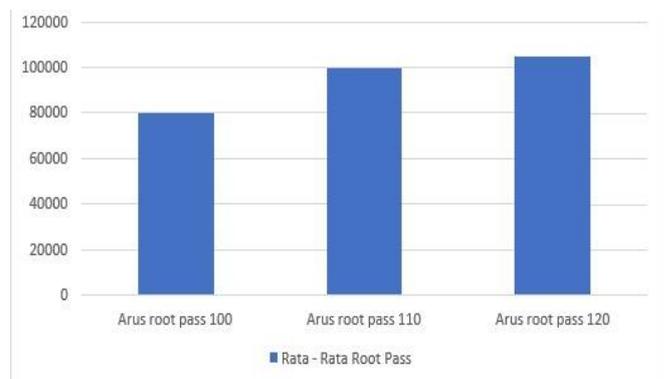
Pada arus 110 ampere, cacat las yang terdeteksi masih berupa porositas dan undercut. Selain itu, arus yang lebih tinggi sering menyebabkan overlap pada tepi sambungan las, yaitu kondisi di mana logam cair tidak menyatu sepenuhnya dengan logam induk. Hal ini diperburuk oleh kecepatan pengelasan yang lambat.

Hasil pengujian pada arus 120 ampere menunjukkan hanya porositas sebagai cacat, tanpa adanya undercut atau overlap.

Setelah itu pengujian bending dilakukan pada material AISI 1041 yang telah mengalami proses pengelasan dengan tiga variasi arus: 100, 110, dan 120 ampere. Hasil uji tekuk (bending test) disajikan dalam Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Hasil bending pada sisi capping



Gambar 4. Hasil bending pada sisi root

Gambar 3 dan 4 menunjukkan hasil uji tekuk pada material AISI 1041 setelah mengalami pengelasan. Uji tekuk ini bertujuan untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi akibat pembengkokan. Perbedaan nilai tegangan dan regangan yang diperoleh mencerminkan bagaimana variasi arus pengelasan memengaruhi kekuatan dan kelenturan material.

Pada sampel dengan arus 100A, hasil menunjukkan bahwa capping dengan arus ini menghasilkan tegangan maksimum sebesar 127.09 Kgf/mm² dengan regangan 4.04%, yang mengindikasikan bahwa material mampu menahan tegangan tinggi sebelum mengalami deformasi signifikan. Sementara itu, root pass dengan arus yang sama menghasilkan tegangan maksimum lebih rendah, yaitu 113.24 Kgf/mm² dengan regangan 5.20%, yang menunjukkan bahwa sambungan lebih mudah mengalami deformasi tetapi kurang mampu menahan beban tinggi.

Pada arus 110A, capping memberikan tegangan maksimum 139.73 Kgf/mm² dengan regangan 4.87%, yang mencerminkan kombinasi baik antara kekuatan dan kelenturan material. Root pass pada arus ini bahkan menunjukkan peningkatan kekuatan dengan tegangan maksimum 141.77 Kgf/mm² dan regangan 5.09%, menandakan sambungan las yang lebih kuat dan fleksibel.

Pada arus 120A, capping menghasilkan tegangan maksimum 118.54 Kgf/mm² dengan regangan 5.25%, yang berarti material memiliki kelenturan baik tetapi kekuatannya lebih rendah dibandingkan dengan arus 110A. Sebaliknya, root pass pada arus ini mencapai tegangan maksimum tertinggi sebesar 150.73 Kgf/mm² dengan regangan 4.75%, yang menunjukkan performa sangat baik dengan kekuatan tinggi, meskipun kelenturannya sedikit lebih rendah.

Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan arus pengelasan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan kekuatan material. Faktor lain seperti distribusi panas dan perubahan mikrostruktur akibat proses pengelasan juga berpengaruh dalam menentukan kualitas sambungan las.

Berdasarkan kajian tersebut dapat dijelaskan bahwa Gambar 3. Menunjukkan Grafik arus capping 110 A adalah yang paling optimal untuk mendapatkan kekuatan dan ketahanan material yang terbaik pada uji bending. Arus yang terlalu rendah (100 A) atau terlalu tinggi (120 A) cenderung menghasilkan kekuatan yang lebih rendah, menunjukkan bahwa ada titik optimal dalam penggunaan arus pengelasan untuk mencapai hasil yang terbaik. Hal ini penting untuk diperhatikan dalam aplikasi praktis untuk memastikan kualitas sambungan las yang optimal.

Sedangkan pada Gambar 4. menunjukkan bahwa peningkatan arus root pass dari 100 A ke 120 A secara konsisten meningkatkan kekuatan material terhadap deformasi yang diakibatkan oleh pembengkokan. Arus 120 A memberikan hasil terbaik, menunjukkan bahwa pada arus ini, sambungan las memiliki kualitas yang paling baik, mampu menahan tegangan maksimum dengan deformasi yang lebih kecil. Namun, perlu diperhatikan bahwa peningkatan arus lebih lanjut dari 120 A mungkin tidak memberikan hasil yang lebih baik dan bisa berisiko terhadap kualitas sambungan jika distribusi panas tidak dikontrol dengan baik. Oleh karena itu, arus 120 A dapat dianggap sebagai arus optimal untuk root pass dalam pengelasan material AISI 1041.

4. Kesimpulan

Arus pengelasan berpengaruh signifikan terhadap kekuatan dan ketahanan material AISI 1041 dalam uji tekuk. Untuk capping pass, arus 110 A memberikan hasil optimal dengan kombinasi kekuatan dan ketahanan terbaik. Sementara itu, pada root pass, arus 120 A menunjukkan ketahanan tertinggi terhadap deformasi. Pemilihan arus yang tepat sangat penting, karena arus yang terlalu rendah atau tinggi dapat menurunkan kualitas sambungan. Berdasarkan hasil penelitian, arus 110 A untuk capping pass dan 120 A untuk root pass direkomendasikan sebagai parameter optimal.

Referensi

- [1] H. WIRYOSUMARTO, *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya paramita, 1996.
- [2] K. Weman, *Welding processes handbook*. Elsevier, 2011.
- [3] I. Syukran, A. Azwinur, and M. Muhklis, "Analisis Kekerasan Weld Metal Electrode Low Hydrogen Potassium E7016 dan E7018," *J. Weld. Technol.*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [4] A. Azwinur and M. Muhazir, "Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400," *J. POLIMESIN*, vol. 17, no. 1, pp. 19–25, Feb. 2019, doi: 10.30811/JPL.V17I1.870.
- [5] Y. N. I. Saputro, "PENGARUH ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E 7018," *RESULTAN J. Kaji. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 24–31, 2011.
- [6] Akhyar *et al.*, "Evaluation of welding distortion and hardness in the A36 steel plate joints using different cooling media," *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1405, 2022.
- [7] S. Azwinur, "The Effect of Electrode Type on The Tensile Strength Characteristics of Welded Joints Between SA. 240 Tp. 304 Stainless Steel and SA. 36 Carbon Steel Alloys through SMAW Welding Process," *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 14, no. 4, pp. 35–42, 2022.
- [8] S. I. Pangestu, "PENGARUH VARIASI ARUS LAS SMAW (SHIELDING METAL ARC WELDING) TERHADAP DISTORSI DAN SIFAT MEKANIK DESSIMILAR STAINLESS STEEL 304 DAN BAJA A 36." University of Muhammadiyah Malang, 2019.
- [9] H. R. Ghazvinloo, A. Honarbakhsh-Raouf, and N. Shadfar, "Effect of arc voltage, welding current and welding speed on fatigue life, impact energy and bead penetration of AA6061 joints produced by robotic MIG welding," *Indian J. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 156–162, 2010.
- [10] A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA PROSES PENGELASAN SMAW," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 36, Sep. 2017, doi: 10.30811/jpl.v15i2.372.
- [11] A. Azwinur, "THE EFFECT OF SOLUTION HEAT TREATMENT HOLDING TIME VARIATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM A-6061 BY THE TIG WELDING

- PROCESS,” *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 15, no. 1, pp. 36–42, 2021.
- [12] Z. Fakri, B. Bukhari, and N. Juhan, “Analisa Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Gmaw Pada Pengujian Impak Baja AISI 1050,” *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–10, 2019.
- [13] A. Azwinur, M. H. Kusuma, U. Usman, and S. Dharma, “The effect of TIG welding technology parameters on the weld quality of copper material joints for heat pipe applications,” *J. Polimesin*, vol. 22, no. 6, pp. 666–671, 2024.